



ЕЛЕКТРОНЕН МОДУЛ ЗА ИЗМЕРВАНЕ ДЕБЕЛИНАТА НА ПОКРИТИЕТО НА АВТОМОБИЛНО КУПЕ

AUTOMOTIVE BODYWORK COATING OBESITY MEASUREMENT DEVICE

Никола Драганов*

Технически университет – Габрово

Статията е постъпила на 02 септември 2015 г.; приета за отпечатване на 31 ноември 2015 г.

Abstract

Measurement of the thickness of the applied lacquer coating on the ferrite material is an important task for the various processes. These devices are very necessary even in cases that require determining the quality of the paint when buying a car. The article is a description lacquer coating of brands and models of cars. The results of the design, implementation and testing of a device for measuring the thickness of the paint application in the car.

Keywords: inductive sensors, coating measurement, bodywork coating, coating standarts.

ВЪВЕДЕНИЕ

В практиката, след нанасяне на защитно покритие върху метални детайли, често се налага да се определи дебелината на нанесения слой. В други случаи при закупуване на лек автомобил, особено втора употреба, често се появява съмнение в качеството на нанесената върху ламарината боя. Качеството на боята на новия автомобил, излязъл от завода, е високо и отговаря на определени изисквания. Съгласно международния стандарт ISO 12944-5 срокът на действие на автомобилното покритие зависи и от дебелината на отделните слоеве, от които то се състои. За да се определи неговата дебелина, са разработени различни устройства, работещи на базата на различни принципи.

Целта на настоящата статия е:

1. Предварително да изясни природата на изследвания обект (автомобилното лаково покритие) и отрази състоянието му във времето, което априори да позволи селектиране на достатъчно прецизен сензорен принцип и схемотехнично решение за измерването му.

2. Да представи предложеното и реализирано реално схемотехнично решение за измерване на дебелината на защитното покритие на автомобилно купе, като опише сензорния принцип и представи реалните експериментални резултати.

ИЗЛОЖЕНИЕ

За да се изясни работата на устройствата, диагностициращи дебелината и качеството на лаковото покритие, е необходимо да се познава неговият състав, като обект на изследване. На фиг. 1а е представена примерна диаграма, изобразяваща състава на покритието на автомобилното купе. Върху ламарината на купето първоначал-


но се нанася тънко (~1,5µm) защитно химично покритие от Zn-F. То е необходимо за повишаване на корозионната устойчивост на метала и подобряване на адхезията на декоративните слоеве. Върху цинко-фосфатния слой чрез електрохимичен метод слой се нанася грунд с дебелина 20-30µm. Методът на нанасяне изисква положително наелектризиране на купето, което е поместено в камера с необходимите грундови съставки. Следва втори слой грунд (30-40µm), явяващ се основа на боята. Към този слой се предявяват високи изисквания, свързани както с механични, така и с температурни характеристики. Сложат боя (с любимият цвят) е с дебелина 15-20µm. Той се нанася прахово и се изпича при специални условия (температура, IR и UV-светлина). Последният, най-външен слой, е лаковото покритие. То се нанася с дебелини от 30µm до 50µm. Общата дебелина на покритието, защитаващо купето на автомобила от корозия е от порядъка на 80-150µm. Описаните стойности на дебелините на отделните слоеве се определят само и единствено от производителя на конкретната марка автомобили. Като зависят от типа на ламарината, в коя част на купето е нанесено покритието, класа на автомобила и др. и представлява един от най-важните фактори, определящи цената на автомобила.

В таблица 1 са показани дебелините на защитното покритие на по-разпространените марки автомобили у нас. Тук показаните стойности са в определени граници и отразяват дебелината на покритието общо, за целия конкретен автомобил [6].

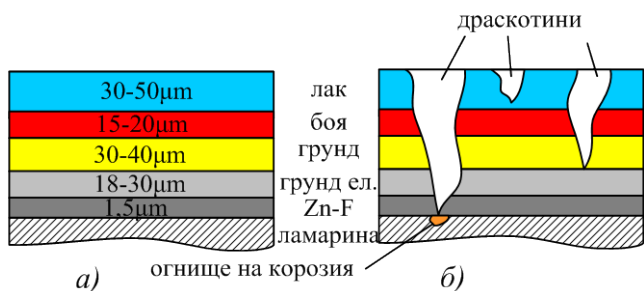
От направеното проучване следва, че устройството, измерващо дебелината на защитното покритие трябва да измерва в обхват от 0 до около 180µm с точност поне ±0,05µm. Изложено на въздействието на околната среда (свиване и разширяване в резултат на

* Тел. 066827201; E-mail:ndrag@abv.bg

Таблица 1

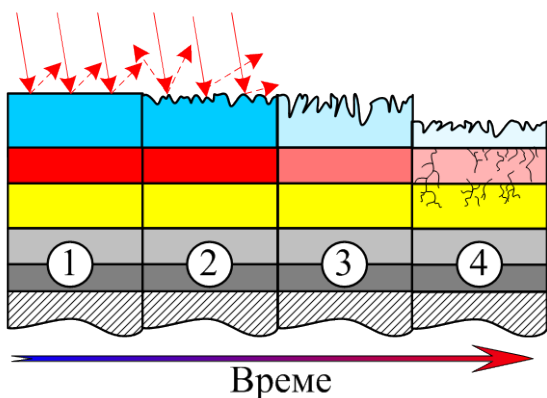
Марка автомобил	Модел	Дебелина на боята, μm
	A5, A6, A7, A8 Q3, Q5, Q7	до 100 114-147
	X1 X3, M5, M6 X5, X6	110 89-100 120-165
	C5 C4 C3	110-130 75-125 90-120
	Lanos, Aveo Captiva, Epica Niva, Spark Lacetti, Cruze	75-150 90-100 94-98 110-140
	Amulet Tiggo	110-120 105
	Alibea Punto	115-130 111
	Explorer, Kuga Focus Mondeo	135-145 156-160 119-127
	Siber ГАЗ-3110	90-105 80
	Accord 7 Civic 4D Fit, CR-V	130-145 100-135 87-98
	Accent, IX-35 I30, I40 Santa Fe, Elantra Solaris, Sonata Tucson	70-75 100-110 70-100 85-100 90-130
	FX35	116
	Sportage, Cerato Picanto, Rio Venga, Optima Sorento, Cee'd	110-120 100-110 120-125 100-105
	Калина, Приора Гранта	60-100 98
	RX, ES, LX CT, GX, LS	140-145 125-150
	CX-7, CX-5 3, 6	85-120 110-130

Марка автомобил	Модел	Дебелина на боята, μm
	C, E GL, ML	230-250 90-100
	Lancer, Pajero L200 Outlander XL ASX	90-125 53-75 53-75 70
	X-Trail, Patrol Juke, Qashqai Murano Tiida, Navara Pathfinder Almera, Teana	75-120 110-125 95 105-115 100-110 130-150
	Astra (GTC) Corsa, Zafira	110-157 115-120
	308, 508, 3008 4008 Втора ръка	100-115 58-61 ~98
	Logan, Koleos Fluence, Megane Duster, Sandero	55-120 100-140 105-115
	Octavia Roomster Fabia, Yeti	120-125 120-125 99-120
	Forester, Lefacy Imprezza, Outback Tribeca	110-115 125-140 120
	Grand Vitara Splash, SX4, Swift	77-94 90-115
	Kyron	100-110
	LC200, Camry Avensis, Highlander Auris, Verso Corolla Prius, RAV-4	110-130 80-120 110 106 80-90
	S60, S60 II XC70, C30, S80 XC90, XC60	95-130 105-140 115-140
	Polo, Golf, Jetta Touareg, Tiguan	80-105 70-85



Фиг. 1. Състав на покритието на автомобилното купе:
 а) при пускане в експлоатация,
 б) след преминаване на експлоатационния срок

температурни колебания, механични натоварвания, UV-лъчение, влажност, сол и пясък през зимата, нараняване в резултат на недоброжелателни действия на човека), покритието на автомобилното купе започва да старее от момента на производството като преминава през етапите, показани на фиг.2. Според класа на покритието (регламентиран от ISO12944) времето на действие на защитното покритие е различно. Първият признак за изтичането на това време е загубата на блясък (фиг.2). В резултат на факторите на корозията лаковото покритие се разрушава, което се установява с увеличаване на разсейването на светлината. Големите температурни разлики ускорено разрушават лаковия слой и UV-лъчите с по-малко препятствие достигат до слоя боя. Последният променя цвета си, като най-често избледнява. Появяват се пукнатини както на боята, така и на държачият я грунд (фиг.2). Тук е необходимо да се отрази, че срокът на действие на покритието не е гаранционният срок, даден от производителя. Срокът на действие е техническо определение, което помага на ползвателя на автомобила да установи програма за обслужването му. Гаранционният срок е законно административна част на договора при покупка и обикновено е по-кратък от срока на работа. Не трябва да се съчиняват никакви определения или правила свързващи срока на работа със срока на гаранция на защитното покритие. В ISO12944 ясно е регламентиран срокът на действие на защитното покритие. Той е разделен на: нисък клас Н – от 2 до 5 години, среден клас С – от 5 до 15 години и висок клас В – над 15 години [6].



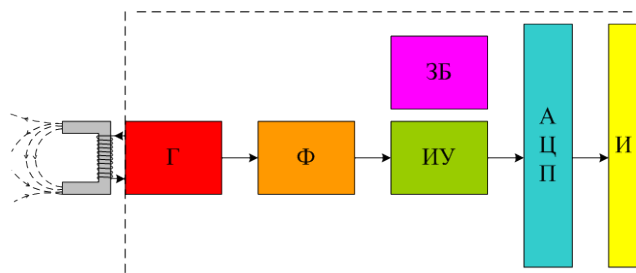
Фиг.2. Покритие на автомобилното купе във времето:
 1-ново, 2-загуба на блясък, 3-изменение на цвета,
 4-поява на пукнатини и шупли

Измерването на дебелината на защитното покритие може да се осъществи чрез прилагане на различни ме-

тоди и сензорни технологии. В промишлени условия се използва ултразвуковият принцип. Ултразвуковият сигнал преминава през защитното покритие, отразява се от металната повърхност и се връща отново към ултразвуковият преобразувател, който е преминал в режим на слушане. Този метод дава достатъчно висока точност, но изисква прецизна настройка. Аналогичен е и оптоелектронният метод, като при него трябва да се съблюдава за дължината на вълната на светлината, с която се оперира [1-5].

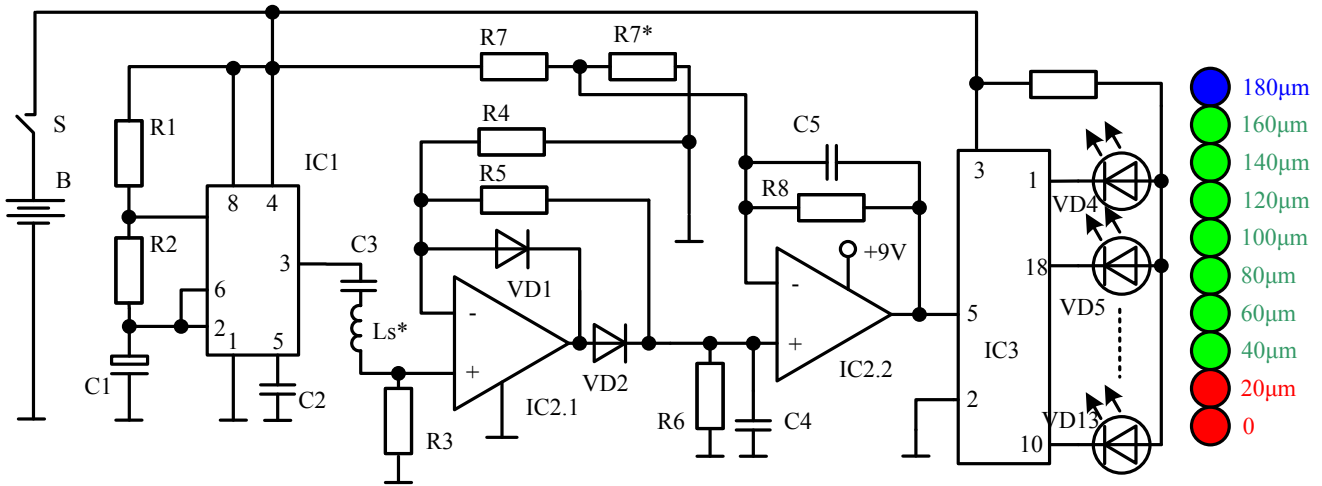
Най-приложим е индуктивният метод. Той дава сравнително висока точност на измерване, на която не влияе температурата, влажността и осветеността на средата [1]. Принципът на този метод се изразява в измерване на изменението на магнитната проницаемост или взаимната индуктивност при преминаване на магнитно поле през защитното покритие.

Блоквата схема на устройството е представена на фиг. 3. Основна част в нея е магнитноиндукционният преобразувател. Както е известно това е пасивен тип сензорен преобразувател, т.е. за да работи му е необходим възбуждащ сигнал [3, 4]. Такъв сигнал е осигурен от генераторът Г. Последният е настроен да генерира импулсна поредица с честота от 100Hz до 1kHz. Сензорът променя своето индуктивно съпротивление при затваряне на магнитните силови линии през ламарината. Тук защитното покритие играе роля на въздушна междина, колкото е по-дебело то, толкова междината е по-голяма и магнитното съпротивление по-голямо, и напротив, по-тънкото защитно покритие затваря повече магнитните силови линии през ламарината, а съпротивлението на бобината намалява. Сигналят от сензора се формира от схемата формирова тел Ф и се интегрира и усилва от блок ИУ. От изхода на последният се възпроизвежда напрежение пропорционално на дебелината на защитното антикорозионно покритие. Напрежението може да се измери чрез различни устройства – електромагнитна система, АЦП и др. Тъй като задачата е да се реализира компактно мобилно устройство с минимална консумация от батерия, в случая се използват светодиодни индикатори И и аналогово-цифров преобразувател (АЦП), който ги управлява в режим светеща точка.



Фиг. 3. Блокова схема на устройство за измерване на дебелината на защитното покритие на автомобилното купе

Принципната електрическа схема на реализираното устройство е показана на фиг. 4. В нея са отразени само основните схемотехнични възли съгласно представената блокова схема. Възбуждащата схема е реализирана на базата на интегрален генератор NE555 (IC1). Той работи в режим на автоколебателен мултивибратор, като стойностите на времезадаващите елементи (R1, R2 и C1) са избрани така, че генерираната импулсна поредица да е с честота 300Hz и определен коефициент на запълване.

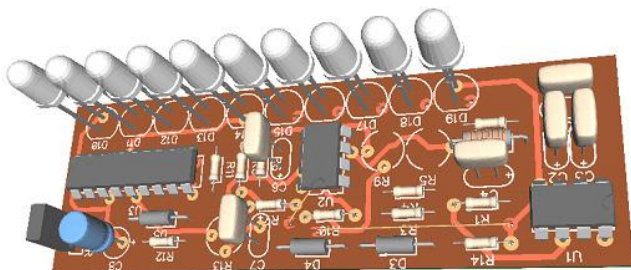


Фиг. 4. Опростена принципна електрическа схема на устройството за измерване на дебелината на антикорозионното покритие

Сензорният елемент е означен с L_s . Той представлява трансформатор с Ш-тип магнитопровод, намотката на която е навита върху пластмасова каракаска. В случая броят на навивките е 200 от емайлиран проводник 0,2mm. Трансформаторът е сглобен само от едната страна без затварящите пластини и е импрегниран с епоксидна смола. След втвърдяване на смолата, отворената част на магнитопровода се шлифова така, че да няма остатъци и шупли от импрегнант. При лека промяна в схемата и подходяща настройка може да се използва и П-тип магнитопровод.

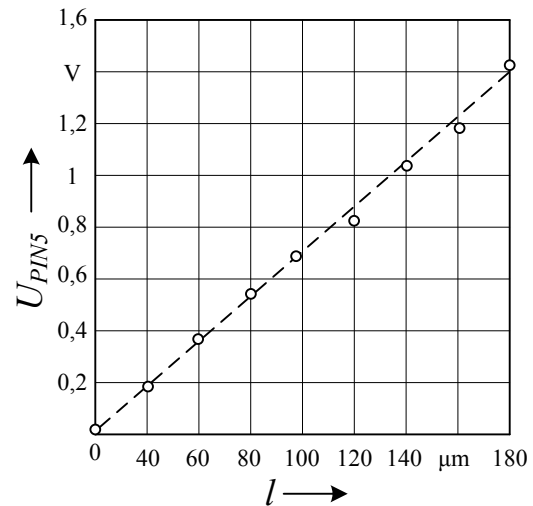
Сигналът се обработва от операционните усилватели IC2 (LM358), като първо се детектира и след това интегрира. RC-групата R6 и C4 играе ролята на нискочестотен филтър, ограничаващ висшите хармоници. Усилен, сигнала се преобразува в цифров вид чрез интегрална схема IC3, АЦП тип LM3914. Последната работи в режим на движеща се точка. По този начин при измерване ще светва само един светодиод на скалата от 0 да 10, отговаряща на обхват от дебелини от 0 до 180µm.

Калибровката на устройството се извършва чрез избора на стойностите на резистори R4, R7 и R7*. Те се избират експериментално, като чрез делителя R7 и R7* се установява нулата, т.е. когато сензорът L_s е поставен върху ламарина без покритие трябва да свети само първият червен светодиод (фиг. 4). Установяването на максималната стойност (синият светодиод – 180µm) се извършва чрез подбора на R4. За правилно установяване на стойността може да се използва сравнение с еталонен (фабричен) уред или листи хартия с известна и еднаква дебелина. При вторият случай листите се поставят между сензора и небоядисана ламарина.

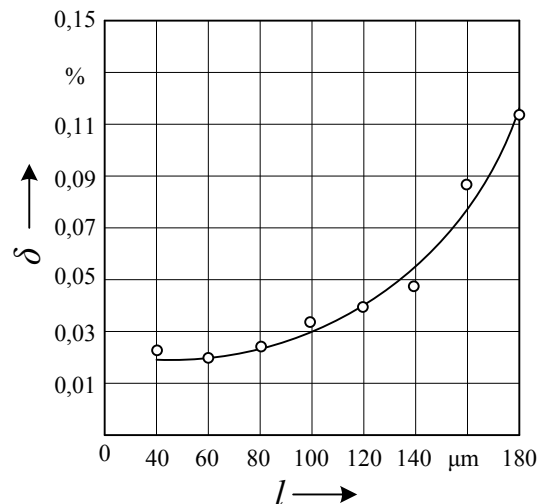


Фиг. 5. 3D модел на проектираната печатна платка

Разработеното устройство е практически изследвано, като калибровката му е осъществена чрез сравняване на резултатите с фабричен индукционен дебеломер, тип GM-4-AR, измерващ с точност $\pm 0,02\mu m$. В резултат на изследванията са построени характеристиките $U_{PIN5}=f(l)$, даващи зависимостта на напрежението, постъпващо на входа на АЦП от дебелината на измерваното покритие и $\delta=f(l)$, отразяващи грешката на изработеното устройство при различни измервани дебелини (фиг. 6).



a)



б)

Фиг. 6. Експериментални характеристики: а) $U_{PIN5}=f(l)$, б) $\delta=f(l)$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На базата на направените проучвания на пазара на подобни устройства и необходимостта от тях е извършено следното:

Направено е описание на природата на изследвания обект – лаковото покритие на автомобилно купе. Установени са причините и факторите, спомагащи за ускоряване на стареенето му.

Отбелязани са предимствата и недостатъците на различни сензорни принципи (ултразвуков, оптоелектроен, кондензаторен и електромагнитен) за измерване на дебелина на лакови покрития, нанесени върху метални повърхнини. Тъй като предлаганото устройство трябва да бъде компактно, преносимо, без допълнителни и непрекъснати настройки е избран магнитоиндукционен принцип на първично сензорно преобразуване.

Предложени са блокова и принципна електрическа схема, като е описано подробно тяхното действие.

Проектираното устройство е реализирано и тествано на практика и след като беше сравнено с фабрично такова от същият тип бяха заснети преобразователната характеристика $U_{PIN5}=f(l)$ и характеристиката на грешката $\delta=f(l)$.

От анализът на характеристиките се установи, че реализираното измервателно устройство проявява почти линейна преобразователна характеристика, като най-големи локални отклонения се наблюдават при измервани дебелини $l > 120 \mu\text{m}$. По аналогичен начин се проявява и грешката δ при измерване, като при дебелини в интервала $l=(40 \div 120) \mu\text{m}$ тя се изменя $\delta=(0,02 \div 0,04)\%$, а при $l > 120 \mu\text{m}$ до $l=180 \mu\text{m}$, δ е над $0,11\%$. Получените резултати се обясняват с несъвършенството на прецизно, но ръчно изработеният магнитоиндукционен сензор.

Предимства, недостатъци и приложение на разработката.

Предимствата на предложеното устройство са ориентирани в две основни направления: *инженерно-технически* и *чисто потребителски*. Първите се изразяват в лесна реализация и настройка, достъпност на елект-

ронните компоненти и ниска цена. Вторите характеризират устройството като компактно, леко (лесно преносимо), работещо със стандартна батерия от 9V, лесно боравене и експлоатиране.

Недостатъците са свързани основно с начина на измерване на информацията – светодиодна линия от 10 светодиода с движеща точка. Това придава известна неточност при измерване, въпреки сравнително добрите резултати, получени при сравняването му с фабрично такова. Използването на такъв тип индикатор е продиктувано именно от факта, че чувствителността на използваният тип магнитоиндукционен сензор и схема на преобразуване е достатъчно висока за конкретното приложение.

Разработеното устройство намира приложение не само при диагностициране на дебелината на лаковото покритие на автомобилни купата, но и за измерване на други диелектрични покрития с дебелини от $20 \mu\text{m}$ до $180 \mu\text{m}$, нанесени върху метални повърхности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Драганов, Н.. Промениливотоков усилвател с галваномангнитна обратна връзка. Сборник доклади международна научна конференция – UNITECH-09, Том 1, 20-21 Ноември, 2009, стр.219-223
- [2] Колев, И. С., Драганов, Н. Д. и Е. Н. Колева. Сензори. Българско-английски речник. Габрово, Университетско издателство „Васил Априлов”, 2015. ISBN 978-954-683-528-4.
- [3] Draganov, N. SENSORS. Principle, structure, technologies, characteristics, parameters and applications. Vol 1. Publishing House X-Press Gabrovo, 2014, ISBN 978-954-490-435-7.
- [4] Draganov, N. SENSORS. Principle, structure, technologies, characteristics, parameters and applications. Vol 2. Publishing House X-Press Gabrovo, to print.
- [5] Draganov, N., T. Draganova. Galvanomagnetic Device for Angular Displacement Measurement. Proceedings of papers ICEST-11, Niš, Serbia, June 29 – July 26, 2011, pp.910-912
- [6] <http://www.bds-bg.org>, БДС EN ISO 12944-5:2004, БДС EN ISO 12944-8:2004, БДС EN ISO 12944-7:2004.